

GASTURBINE MIT EINEM DICHUNGSELEMENT ZWISCHEN LEITSCHAUFELKRANZ
UND LAUSCHAUFEL LKRANZ DES TURBINENTEILS

Die Erfindung betrifft eine axiale Gasturbine, bei der im Heißgaskanal angeordnet axial aufeinander Leitschaufelkränze und Laufschaufelkränze folgen. Diese Schaufelkränze werden mit Kühlluft aus unterschiedlichen Druckniveaus beaufschlagt. Zur Abdichtung zwischen den einzelnen Druckniveaus ist ein Dichtungselement vorgesehen.

- 10 Eine axiale Gasturbine umfasst einen Verdichter, eine Brennkammer und ein Turbinenteil. Im Verdichter wird Verbrennungsluft hochverdichtet, die in der Brennkammer mit Brennstoff verbrannt wird. Das dabei entstehende Heißgas wird durch einen Heißgaskanal im Turbinenteil geleitet. Im
- 15 Turbinenteil folgen abwechselnd aufeinander Leitschaufelkränze und Laufschaufelkränze. In jedem dieser Schaufelkränze sind Leit- bzw. Laufschaufeln in Umfangsrichtung benachbart angeordnet.
- 20 Die Temperaturen in einer solchen Gasturbine können Werte erreichen, die die Schmelzpunkte der verwendbaren Materialien überschreiten bzw. die Warmfestigkeit der Materialien intolerabel reduzieren. Aus diesem Grunde werden die Komponenten im Heißgaskanal häufig mit einem Kühlmedium
- 25 gekühlt. Meistens wird hierzu Luft aus dem Verdichter als Kühlluft abgezweigt. Der Kühlbedarf sinkt entlang der Strömungsrichtung im Heißgaskanal. Aus diesem Grunde reicht zur Kühlung hinterer Turbinenstufen eine Kühlluft mit geringerem Druckniveau als Kühlluft für vordere
- 30 Turbinenstufen. Um den Kühlluftverbrauch möglichst gering zu halten, da dieser die Effizienz der Gasturbine mindert, werden die axial unterschiedlichen Turbinenstufen, d.h. die unterschiedlichen Schaufelkränze, mit Kühlluft aus unterschiedlichen Druckniveaus beaufschlagt. In
- 35 Strömungsrichtung weiter vorne liegende Schaufelkränze werden mit Druckluft höheren Druckes versorgt als Schaufelkränze, die in Strömungsrichtung weiter hinten liegen.

Aus dieser unterschiedlichen Versorgung auch benachbart liegender Schaufelkränze folgt die Notwendigkeit einer Abdichtung zwischen den verschiedenen Druckniveaus. Eine
5 Abdichtung ist auch notwendig, um die Einmischung von Heißgas in die Kühlluft, und damit eine geringere Kühlwirkung, zu vermeiden.

Die US-PS 5,833,244 zeigt eine Gasturbinendichtanordnung. Die
10 Abdichtung zweier benachbarter Schaufelkränze wird hier durch ein Labyrinthdichtungssystem erreicht. Einzelne Dichtungselemente werden in Nuten von Läuferscheiben angeordnet. Diese Dichtsegmente weisen quer zur Strömungsrichtung verlaufende und in axialer Richtung
15 hintereinander angeordnete zahnartige Erhebungen auf, die gegenüber einer Leitschaufelspitze angeordnet sind. Durch die Nebeneinanderanordnung in Umfangsrichtung solcher Segmente wird ein in Umfangsrichtung umlaufendes Labyrinthdichtungssystem bereitgestellt, das insbesondere
20 auch für die Dichtung in großen Gasturbinen geeignet ist.

Von dem Dichtungssystem zwischen zwei Schaufelkränzen in axialer Richtung ist zu unterscheiden eine Dichtungsanordnung die in Umfangsrichtung zwischen Schaufeln ein und desselben
25 Schaufelkranzes wirkt. Eine solche Umfangsdichtung dient zur Abschirmung des im Heißgaskanal strömenden Heißgases gegen die Rotorscheiben oder Leitschaufelträger. Solche Anordnungen sind beispielsweise der US-PS 5,785,499 oder US-PS 6,273,683 zu entnehmen.

30 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Dichtungssystem zur Abdichtung zwischen zwei Schaufelkränzen einer Gasturbine befindlichen Druckniveaus anzugeben, das eine besonders gute Dichtwirkung aufweist und dabei gleichzeitig einfach
35 einbaubar und kostengünstig ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine entlang einer Turbinenachse gerichtete axiale Gasturbine, umfassend einen Verdichter, eine Brennkammer und ein Turbinenteil, wobei im Turbinenteil axial aufeinanderfolgend

- 5 Leitschaufelkränze und Laufschaufelkränze in einem Heißgaskanal angeordnet sind, wobei im Betrieb ein Heißgas durch den Heißgaskanal strömt und wobei die Leitschaufelkränze und Laufschaufelkränze mit Kühlluft gekühlt werden, deren Druckniveau in Strömungsrichtung des
- 10 Heißgases abnimmt, wobei zwischen zumindest einem Laufschaufelkranz und einem direkt benachbarten Leitschaufelkranz ein Dichtungselement angeordnet ist, welches die verschiedenen Druckniveaus gegeneinander abdichtet und sich um zumindest ein Viertel eines senkrecht
- 15 auf der Turbinenachse als Mittelpunkt verlaufenden Kreises einstückig erstreckt.

- Mit der Erfindung wird somit erstmalig der Weg verfolgt, ein Dichtungselement zur Abdichtung in axialer Richtung über eine
- 20 größere Umfangsdistanz erstrecken zu lassen. Hierdurch wird die Dichtwirkung erheblich verbessert, da in Umfangsrichtung verlaufende Dichtgrenzen reduziert werden. Weiterhin wird durch die Reduzierung von Bauelementen eine Einbaubarkeit erleichtert. Die Reduzierung an Bauelementen bewirkt zudem
- 25 auch eine kostengünstigere Ausführung.

- Vorzugsweise erstreckt sich das Dichtungselement um die Hälfte des Kreises. Somit werden pro abzudichtender Stufe nur noch zwei Dichtelemente benötigt. Bei einem
- 30 Gasturbinengehäuse, welches aus zwei Hälften besteht, die in einer Teilfuge ineinander greifen, werden die Dichtungselemente bevorzugt so angeordnet, dass jeweils ein Dichtungselement sich entlang einer der beiden Gehäusehälften erstreckt. Hierdurch wird insbesondere auch eine
- 35 Ausbaubarkeit oder Austauschbarkeit bei einem Servicevorgang an der Gasturbine erleichtert.

Bevorzugt ist das Dichtungselement als ein ringförmiges Blech mit sich in radialer Richtung erstreckender Fläche mit einer Außenkante und einer Innenkante ausgebildet. Ein solches ringförmiges Blech ist fertigungstechnisch besonders einfach herstellbar.

Weiter bevorzugt ist die Außenkante in jeweils korrespondierenden Plattformnuten, die in der dem Heißgaskanal abgewandten Seite von einer jeweiligen Plattform von Leitschaufeln des Leitschaufelkranzes oder eines radial außerhalb des Laufschaufelkranzes liegenden Führungsrings und die Außenkante in einer in einem Leitschaufelträger verlaufenden Trägernut angeordnet. Leitschaufeln weisen ein Schaufelblatt auf, an das eine Plattform grenzt. Diese Plattform dient der Abschirmung des Heißgases vom Leitschaufelträger. An die Plattform schließt eine Befestigungsvorrichtung an, mit der die Leitschaufel im Leitschaufelträger befestigt wird. In axialer Richtung grenzt an einen Leitschaufelkranz ein Laufschaufelkranz, der rotorseitig ebenfalls durch Plattformen an den Laufschaufeln das Heißgas führt. Die an den Leitschaufelträger grenzende Oberfläche des Heißgaskanals wird durch Führungsrings vom Heißgas abgeschirmt, die den rotierenden Schaufelspitzen der Laufschaufeln gegenüberliegen. Durch Nuten in den Leitschaufeln eines Leitschaufelkranzes kann die Außenkante des ringförmigen Dichtbleches geführt werden. Die Außenkante wird in einer im Leitschaufelträger verlaufenden Trägernut geführt.

Zum Einbau des Dichtelementes ist somit lediglich ein Einlegen in die genannten Nuten erforderlich bzw. das Dichtungselement wird in die Leitschaufelträgernut eingelegt und anschließend die Leitschaufeln so montiert, dass das Dichtungselement in den Plattformnuten zu liegen kommt.

Bevorzugt wird das Dichtungselement mit einer auf seine Fläche drückenden Schraube, die das Dichtungselement gegen

die gegenüberliegende Plattformnutenseitenwand und Trägernutenseitenwand drückt, verspannt. Mit einem solchen aktiven Ansatz des Dichtungselementes wird eine sichere, vom Betriebszustand unabhängige Abdichtung erreicht. Weiter
5 bevorzugt wird das Dichtungselement mit einer Vielzahl von Schrauben, vorzugsweise pro Schaufel eines Schaufelkranzes eine Schraube, verspannt.

Leitschaufeln weisen in der Regel eine Verhakung auf, mit der
10 sie in den Leitschaufelträger eingehakt werden. Eine solche Verhakung definiert dann einen axialen Festpunkt durch eine axiale Anlagefläche zwischen Verhakung und Leitschaufelträger. Bevorzugt ist das Dichtungselement im Bereich der axialen Festpunkte angeordnet. Diese Lage des
15 Dichtungselementes ist insbesondere beim oben beschriebenen aktiven Ansatz des Dichtungselementes von Vorteil, da thermische Verschiebungen im Bereich des axialen Festpunktes gering sind.

20 Wird kein aktiver Ansatz des Dichtungselementes gewählt, so ist das Dichtungselement vorzugsweise entfernt vom Bereich der axialen Festpunkte angeordnet. Hier ergeben sich durch die großen Temperaturunterschiede bei Stillstand und Betriebszustand erhebliche thermisch induzierte
25 Verschiebungen der Schaufelplattformen bzw. Führungsringe gegenüber dem Leitschaufelträger. Durch das lose Einlegen des Dichtungselementes in die Plattform bzw. Leitschaufelträgernuten wird ein passiver Ansatz hier gerade durch diese thermischen Verschiebungen erreicht. Das
30 Dichtungselement wird bei der thermischen Verschiebung so gegen die Nutwände gedrückt, dass keine sichere Abdichtung erreicht wird. Weiter bevorzugt wird zusätzlich zu den Nutwänden im Leitschaufelträger ein weiterer in Umfangsrichtung verlaufender Vorsprung als axiale
35 Anlagefläche für das Dichtungselement angeordnet.

Beim oben beschriebenen aktiven Ansatz für das Dichtungselement wird bevorzugt erst der Leitschaufelkranz bei einer Montage durch Einbau der Leitschaufeln vervollständigt und anschließend dann die benachbarten Führungsringe eingebaut.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

Es zeigen teilweise schematisch und nicht maßstäblich:

Figur 1 eine Gasturbine,

Figur einen Querschnitt durch das Turbinenteil einer Gasturbine,

Figur 3 einen Ausschnitt eines Längsschnittes durch den Heißgaskanal der Gasturbine,

Figur 4 eine vergrößerte Ansicht mit einem Dichtungselement aus Figur 3,

Figur 5 einen weiteren Ausschnitt eines Längsschnittes durch eine Gasturbine und

Figur 6 eine Vergrößerung mit einem Dichtungselement aus Figur 5.

Figur 1 zeigt eine Gasturbine 1. Die Gasturbine 1 weist entlang einer Turbinenachse 10 gerichtet aufeinanderfolgend einen Verdichter 3, eine Brennkammer 5 und ein Turbinenteil 7 auf. Der Verdichter 3 und das Turbinenteil 7 sind auf einer gemeinsamen, entlang der Turbinenachse 10 sich erstreckenden Welle 9 angeordnet. Im Turbinenteil 7 verläuft ein sich konisch erweiternder Heißgaskanal 12. In diesen Heißgaskanal 12 ragen Leitschaufeln 11 und Laufschaufeln 13 hinein. Eine Vielzahl von Leitschaufeln 11 ist in einem Leitschaufelkranz 14 in Umfangsrichtung zueinander benachbart angeordnet. Eine Vielzahl von Laufschaufeln 13 sind in einem Laufschaufelkranz 16 in Umfangsrichtung zueinander benachbart angeordnet.

Leitschaufelkränze 14 und Laufschaufelkränze 16 wechseln im Heißgaskanal 12 alternierend ab.

Im Betrieb der Gasturbine 1 wird Umgebungsluft vom Verdichter 3 angesaugt und zu Verdichterluft 15 komprimiert. Die Verdichterluft 15 wird der Brennkammer 5 zugeführt und dort unter Zugabe von Brennstoff zu einem Heißgas 17 verbrannt. Das Heißgas 17 strömt durch den Heißgaskanal 12 und damit an den Leitschaufeln 11 und den Laufschaufeln 13 vorbei. Dabei wird die Welle 9 in Rotation versetzt, da die Laufschaufeln 13 kinetische Energie aus dem Heißgas 17 aufnehmen und auf die Welle 9 übertragen, mit der sie fest verbunden sind. Die so aus dem Heißgas 17 gewonnene Energie kann z. B. auf einen Generator zur Stromerzeugung übertragen werden.

Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch den Heißgaskanal 12. Ein Teil des Laufschaufelkranzes 16 und ein Teil des Leitschaufelkranzes 14 sind dargestellt. Ein als ringförmiges Blech ausgebildetes Dichtungselement 35 erstreckt sich zwischen dem Leitschaufelkranz 14 und dem Laufschaufelkranz 16 in Umfangsrichtung über die Hälfte eines Kreises 41, der senkrecht zur Turbinenachse 10 verläuft. Ein gleichartiges Dichtungselement 35 verläuft entlang der zweiten Hälfte des Kreises 41, so dass beide Dichtungselemente 35 einen geschlossenen Kreis bilden. An einer Teilfuge 42 treffen die beiden Dichtungselemente 35 aufeinander. Die Teilfuge 42 entspricht einer nicht näher dargestellten Fuge zur hälftigen Aufteilung des den Heißgaskanal 12 umschließenden Gasturbinengehäuses. Das Dichtungselement 35 ist flächig, wobei eine Aufsicht auf die Fläche F gezeigt ist. Die Fläche F wird von einer Außenkante 37 und einer Innenkante 39 des Dichtungselementes 35 begrenzt.

Figur 3 zeigt einen Ausschnitt eines Längsschnittes durch den Heißgaskanal 12. Es ist eine Leitschaufel 11 dargestellt, die in axialer Richtung zu beiden Seiten von jeweils einem Führungsring 51 eingeschlossen ist. Ein Dichtungselement 35

ist entsprechend Figur 2 ausgebildet. Die genaue Anordnung wird anhand von Figur 4 beschrieben. Der Leitschaufel 11 wird Kühlluft 53 aus einem ersten Druckniveau zugeführt. Dem Führungsring 51 wird Kühlluft 55 aus einem zweiten
5 Druckniveau zugeführt. Das Druckniveau der Kühlluft 53 ist höher als das der Kühlluft 55, da für die in Strömungsrichtung des Heißgases 17 weiter vorne liegende Leitschaufel 11 ein höherer Kühlbedarf besteht als für den in Strömungsrichtung weiter hinten gelegenen Führungsring 51.
10 Diese axiale Stufung der Druckniveaus von Kühlluft ist ein Grund für die Notwendigkeit einer Abdichtung zwischen Leitschaufel 11 und Führungsring 51. Ein weiterer Grund ist die möglichst weitgehende Reduzierung von Einmischungen von Heißgas in die Kühlluft 53, 55, um eine daraus folgende
15 Aufheizung der Kühlluft und damit eine schlechtere Kühlbarkeit zu vermeiden. Das hier dargestellte Dichtungselement wird mittels eines aktiven Ansatzes gegen axiale Flächen gepresst, wodurch die Dichtwirkung erzeugt wird. Dies wird näher anhand von Figur 4 erläutert.

20 Figur 4 zeigt vergrößert einen Ausschnitt aus Figur 3 mit dem Dichtungselement 35. In einer Plattform 87 der Leitschaufel 11 ist an der dem Heißgas abgewandten Seite eine in Umfangsrichtung verlaufende Nut 85 eingebracht. Der
25 Leitschaufel 11 auf der dem Heißgaskanal 12 abgewandten Seite liegt ein Leitschaufelträger 79 gegenüber. Im Leitschaufelträger 79 ist in radialer Richtung der Plattformnut 85 gegenüberliegend eine Leitschaufelträgernut 83 ebenfalls in Umfangsrichtung verlaufend angeordnet. Das
30 Dichtungselement 35 ist ein entsprechend Figur 2 ausgebildeter ringförmiger Blechstreifen, dessen Innenkante 37 in die Plattformnut 85 eingreift. Die Außenkante 39 des Dichtungselementes 35 liegt in der Leitschaufelträgernut 83. Zwischen Leitschaufel 11 und einem benachbarten Führungsring
35 51 sind weiterhin Umfangsdichtungen 91 eingebracht, die den Spalt zwischen dem Führungsring 51 und der Plattform 87 zwischen jeweils zwei Leitschaufeln 11 eines

Leitschaufelkranzes abdichten. Das Dichtungselement 35 wird mittels einer Anpressvorrichtung 61 an die Seitenwände einerseits der Plattformnut 85 und andererseits der Leitschaufelträgernut 83 gepresst. Hierzu wird ein

5 Anpresskeil 65, der in einer Nut 67 der Anpressvorrichtung 61 geführt wird, mittels einer Schraube 63 etwa in der radialen Mitte des Dichtungselementes 35 gegen dieses gepresst.

Die axiale Position des Dichtungselementes 35 ist im Bereich einer Verhakung 71 der Leitschaufel 11 gewählt. Diese Verhakung 71 dient der Montage der Leitschaufel 11. Weiterhin wird mit dieser Verhakung 71 durch eine axiale Anpressfläche ein axialer Festpunkt 73 festgelegt, wie auch ein radialer Festpunkt 75 mittels einer radialen Ansatzfläche. Im Bereich

10 des axialen Festpunktes 73 sind thermische Ausdehnungen der Plattform 87 der Leitschaufel 11 gegenüber dem Leitschaufelträger 79 relativ gering, so dass durch den aktiven Ansatz des Dichtungselementes 35 unabhängig vom Betriebszustand der Gasturbine eine gute Dichtwirkung erzielt

15 wird. Der Führungsring 51 ist ebenfalls durch eine Verhakung 77 im Leitschaufelträger 79 angeordnet. In Konfigurationen gemäss dem Stand der Technik, d.h. ohne das Dichtungselement 35, wurde häufig eine axiale Dichtung mittels der Verhakungen 71 und 77 versucht zu erreichen. Hierzu mussten

20 vergleichsweise geringe Toleranzen eingehalten werden, um möglichst geringe Spalte der Verhakungen 71, 77 im Leitschaufelträger 79 zu erreichen. Dies erschwert die Fertigung und Montage. Mittels des Dichtungselementes 35 ist nunmehr eine einfachere und kostengünstigere und dabei aber

25 sicher abdichtende Möglichkeit zur axialen Abdichtung gegeben.

Figur 5 zeigt einen weiteren Ausschnitt eines Längsschnittes durch den Heißgaskanal 12. Es ist wiederum eine Leitschaufel

35 11 dargestellt, die in axialer Richtung beidseitig von Führungsringen 51 eingeschlossen wird. Hier ist das Dichtungselement 35 aber weit entfernt vom axialen Festpunkt

73 angeordnet. Zudem ist keine Vorrichtung zum Anpressen des Dichtungselementes 35 an die Nutwände vorgesehen. Dies wird näher anhand von Figur 6 beschrieben.

5 Figur 6 zeigt einen Ausschnitt mit dem Dichtungselement 35 aus Figur 5. Das Dichtungselement 35 ist wie schon oben beschrieben wiederum mit seiner Innenkante 39 in einer Plattformnut 85 und mit seiner Außenkante 37 in einer Leitschaufelträgernut 83 angeordnet. Im Leitschaufelträger 79
10 ist ein zusätzlicher Absatz 91 als axiale Anlagefläche so ausgebildet, dass er etwa im Bereich der radialen Mitte des Dichtungselementes 35 liegt. Die Plattformnut 85 ist im hier gezeigten Beispiel im Führungsring 51 angeordnet. Der Führungsring 51 ist zur Vermeidung von thermischen Spannungen
15 gegenüber dem Leitschaufelträger 79 beweglich. Im Betrieb kommt es durch Temperaturunterschiede zu einer Verschiebung des Führungsrings 51 gegenüber dem Leitschaufelträger 79. Hierdurch wird das Dichtungselement 35 verbogen und gegen den Vorsprung 91 im Leitschaufelträger 79 gepresst. Diese Form
20 des passiven Ansatzes des Dichtungselementes 35 führt zu einer guten Dichtwirkung, wobei gleichzeitig ein sehr niedriger apparativer Aufwand erforderlich ist.

Bei einer Montage der Gasturbine 1 oder auch bei einem
25 Servicevorgang wird das Dichtungselement 35 einfach in die Leitschaufelträgernut 83 eingelegt und die Leitschaufeln 11 oder die Führungsringe 51 montiert, je nachdem welches der Bauteile die korrespondierende Plattformnut 85 aufweist. Anschließend werden dann jeweils entweder die Leitschaufeln
30 11 oder die Führungsringe 51 montiert, die an die vorher eingebauten Bauteile angrenzen.

Patentansprüche

1. Entlang einer Turbinenachse (10) gerichtete axiale Gasturbine (1), umfassend einen Verdichter (3), eine Brennkammer (5) und ein Turbinenteil (7), wobei im Turbinenteil (7) axial aufeinanderfolgend Leitschaufelkränze (11) und Laufschaufelkränze (13) in einem Heißgaskanal (12) angeordnet sind, wobei im Betrieb ein Heißgas (17) durch den Heißgaskanal (12) strömt und wobei die Leitschaufelkränze (11) und Laufschaufelkränze (13) mit Kühlluft (53,55) gekühlt werden, deren Druckniveau in Strömungsrichtung des Heißgases (17) abnimmt,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

zwischen zumindest einem Leitschaufelkranz (11) und einem direkt benachbarten Laufschaufelkranz (13) ein Dichtungselement (35) angeordnet ist, welches die verschiedenen Druckniveaus gegeneinander abdichtet und sich um mindestens ein Viertel eines senkrecht auf der Turbinenachse als Mittelpunkt verlaufenden Kreises (41) einstückig erstreckt.

2. Gasturbine (1) nach Anspruch 1, bei der sich das Dichtungselement (35) um die Hälfte des Kreises (41) erstreckt.

3. Gasturbine (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei der das Dichtungselement (35) als ein ringförmiges Blech mit sich in radialer Richtung erstreckender Fläche F mit einer Außenkante (37) und einer Innenkante (39) ausgebildet ist.

4. Gasturbine (1) nach Anspruch 3,
bei der die Innenkante (39) in jeweils korrespondierenden
Plattformnuten (85), die in der dem Heißgaskanal (12)
abgewandten Seite von einer jeweiligen Plattform (87) von
5 Leitschaufeln (14) des Leitschaufelkranzes (11) oder eines
radial außerhalb des Laufschaufelkranzes (13) liegenden
Führungsrings (89) und die Außenkante (37) in einer in
einem Leitschaufelträger (79) verlaufenden Trägernut (83)
angeordnet ist.

10

5. Gasturbine (1) nach Anspruch 4,
bei der das Dichtungselement (35) mit einer auf seine
Fläche F drückenden Schraube (65), die das
15 Dichtungselement (35) gegen die gegenüber liegende
Plattformnutenseitenwand und Trägernutenseitenwand drückt,
verspannt ist.

20 6. Gasturbine (1) nach Anspruch 5,
bei der die Leitschaufeln (14) jeweils einen axialen
Festpunkt (73) aufweisen, an dem sie mittels einer
geeigneten Verhakung (71) im Leitschaufelträger (79) gegen
axiale Verschiebung fixiert sind, wobei das
25 Dichtungselement (35) im Bereich der axialen Festpunkte
(73) angeordnet ist.

7. Gasturbine (1) nach Anspruch 3,
30 bei der die Leitschaufeln (14) jeweils einen axialen
Festpunkt (73) aufweisen, an dem sie mittels einer
geeigneten Verhakung (71) im Leitschaufelträger (11) gegen
axiale Verschiebung fixiert sind, wobei das
Dichtungselement (35) entfernt vom Bereich der axialen
35 Festpunkte (73) angeordnet ist.

FIG 1

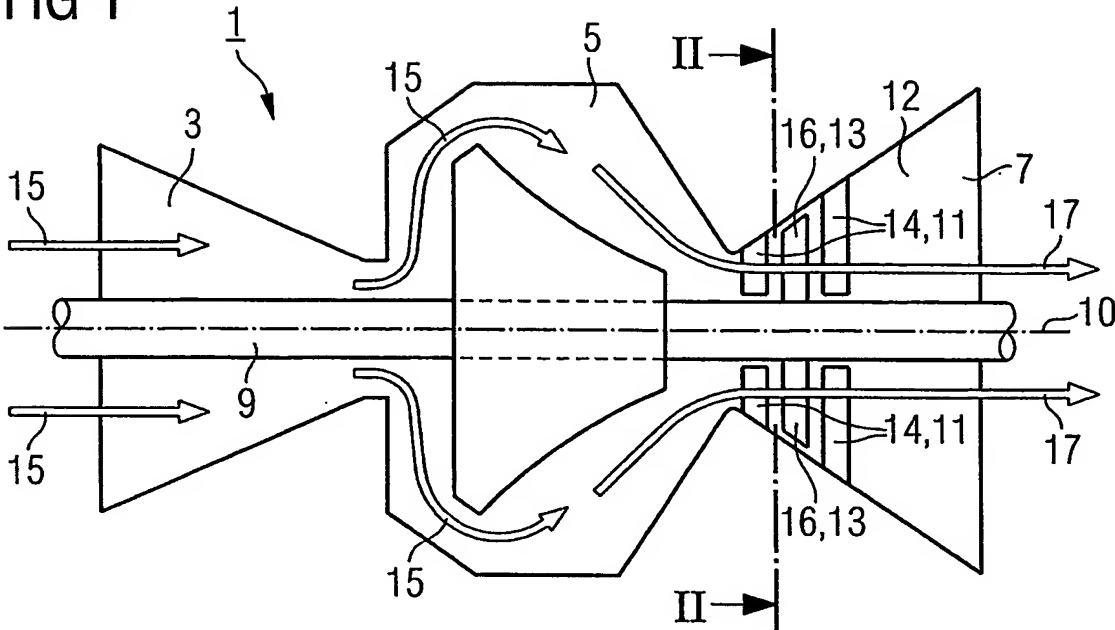


FIG 2

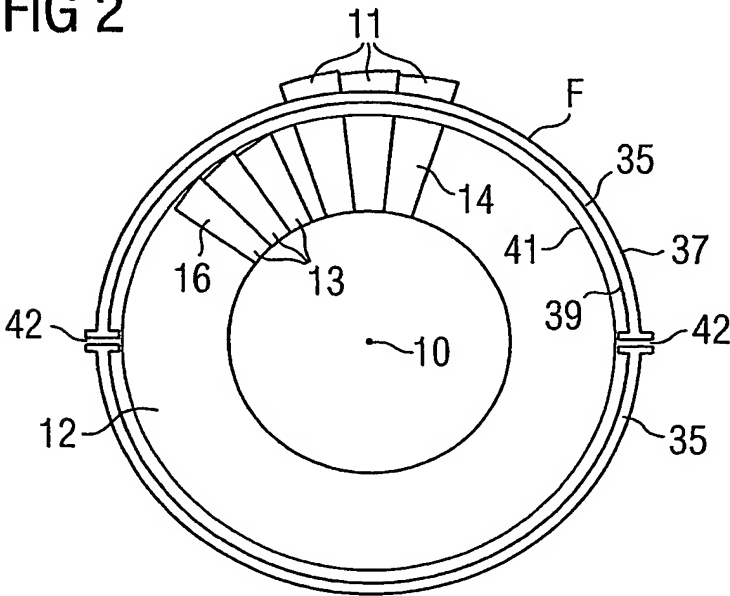


FIG 3

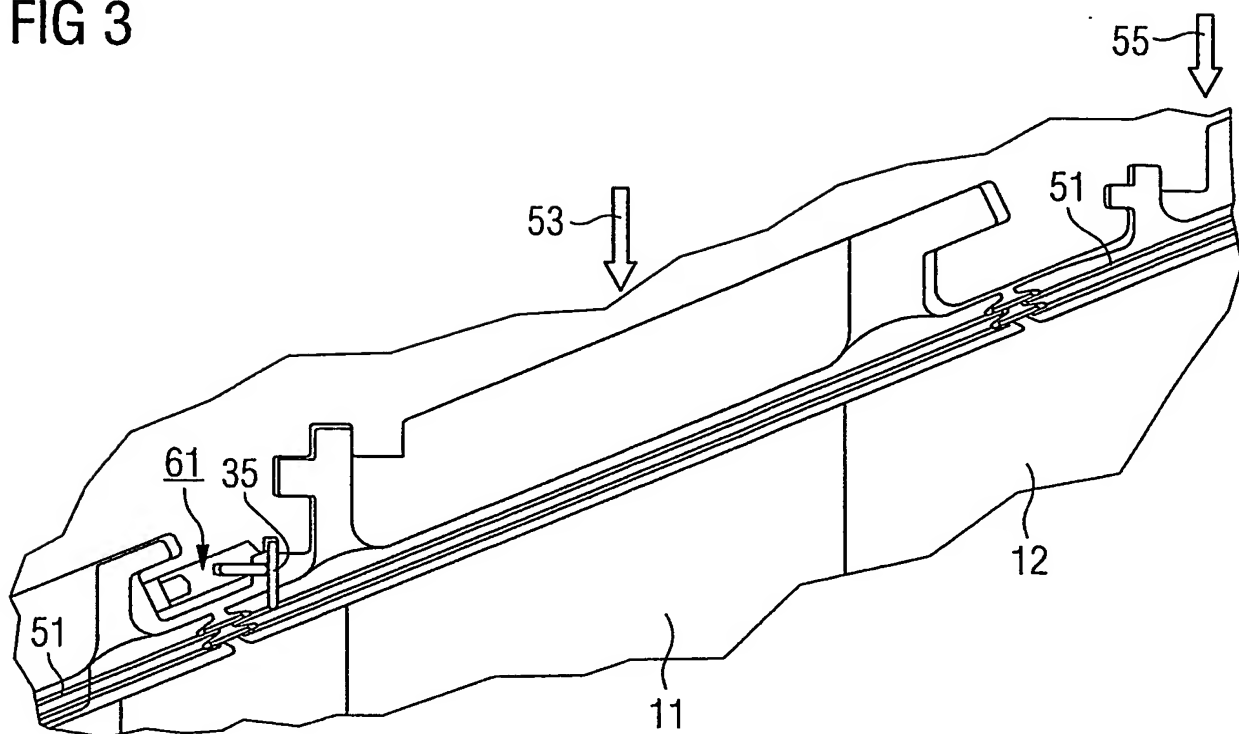


FIG 4

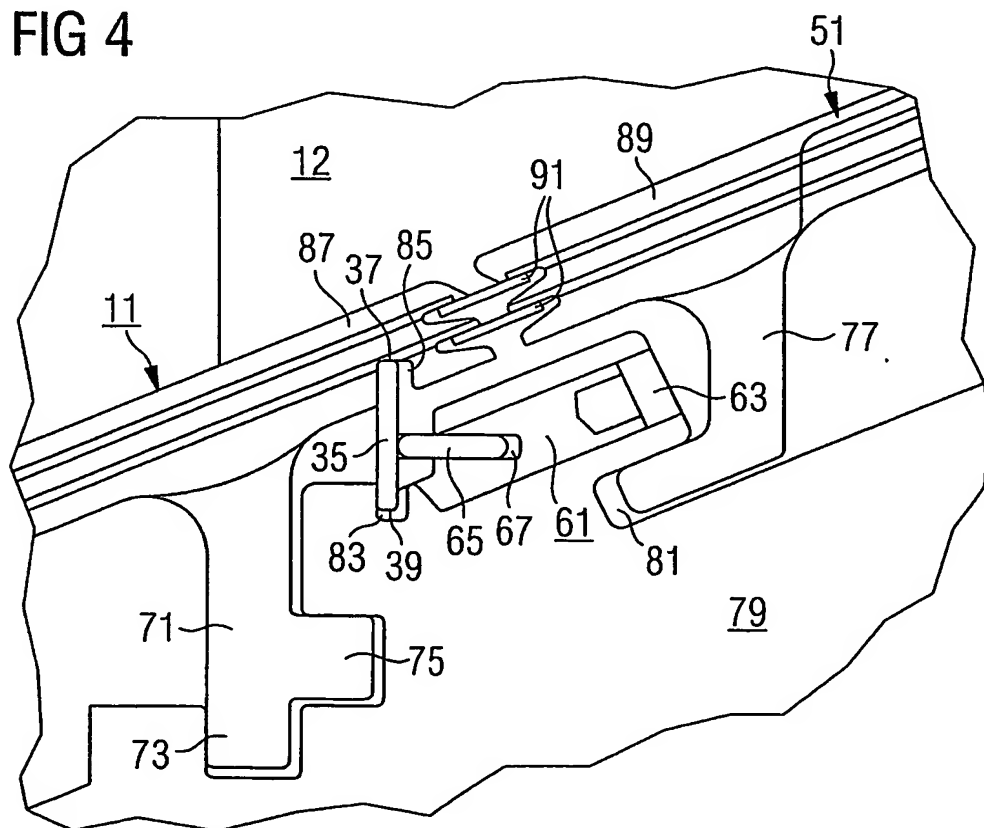


FIG 5

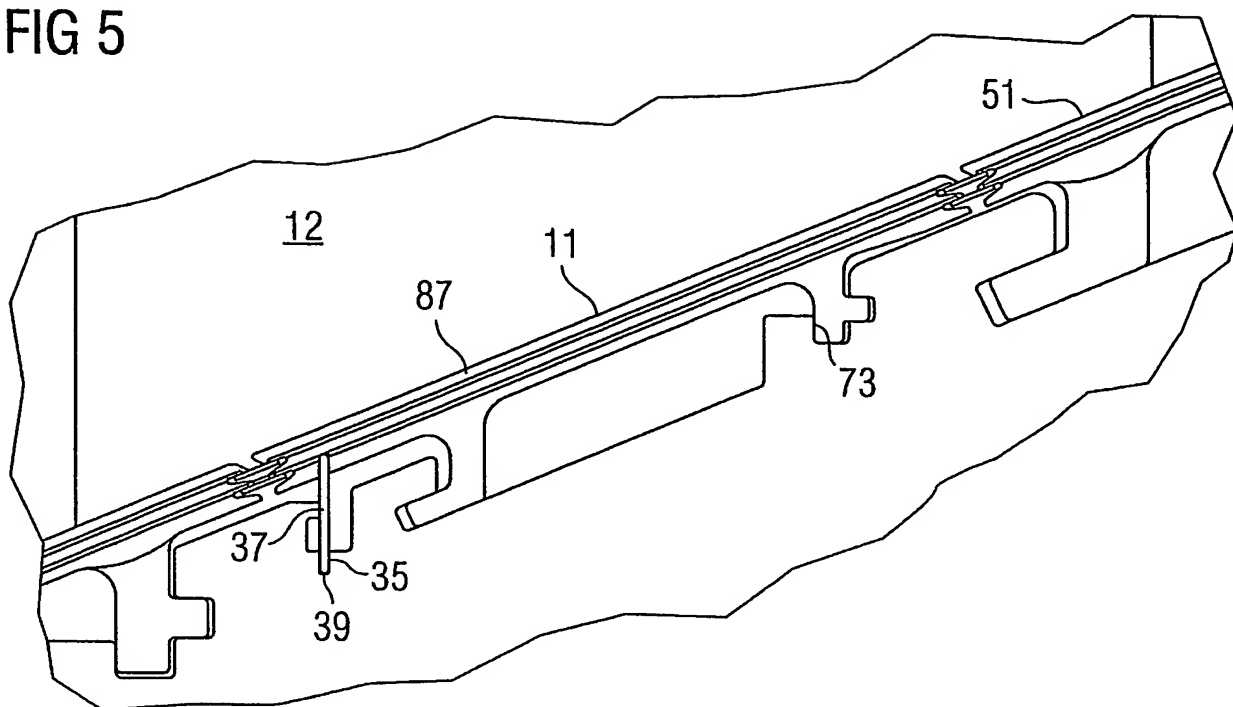
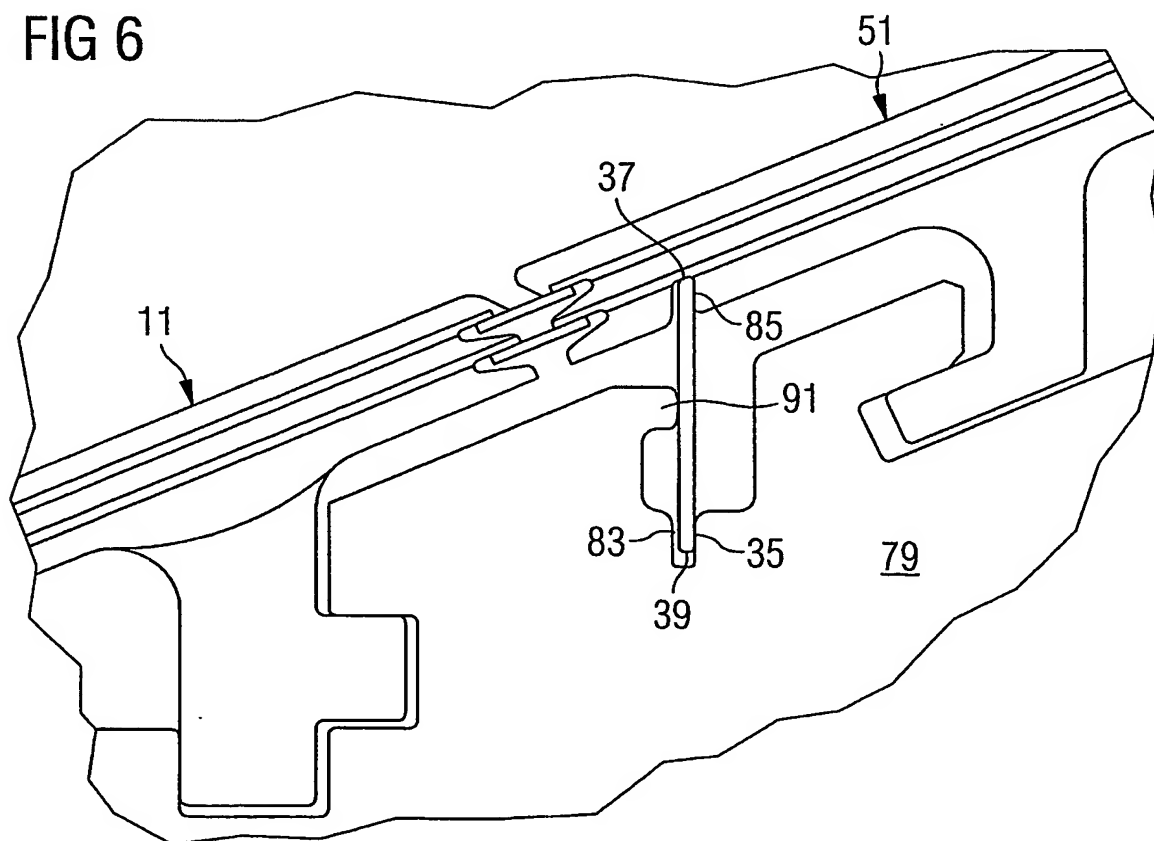


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/007333

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F01D11/00 F01D25/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 425 078 A (ROBBINS DONALD A) 10 January 1984 (1984-01-10) column 1, line 15 -column 3, line 51 figures	1-7
A	US 5 609 469 A (EWING JR JOSEPH H ET AL) 11 March 1997 (1997-03-11) column 3, line 4 -column 4, line 50 figure 1	1-7
A	US 6 164 656 A (FROST WILSON) 26 December 2000 (2000-12-26) column 2, line 43 -column 3, line 45 figures	1-7
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *8* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 September 2004

Date of mailing of the international search report

17/09/2004

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Teissier, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/007333

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 833 244 A (CASH ALAN ET AL) 10 November 1998 (1998-11-10) cited in the application the whole document -----	1-7
A	US 4 379 560 A (BAKKEN GORDON J) 12 April 1983 (1983-04-12) figures -----	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/007333

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4425078	A	10-01-1984	CA 1154687 A1	04-10-1983
			DE 3126359 A1	15-07-1982
			FR 2487005 A1	22-01-1982
			GB 2080439 A ,B	03-02-1982
			JP 1606343 C	31-05-1991
			JP 2028684 B	26-06-1990
			JP 57041406 A	08-03-1982
US 5609469	A	11-03-1997	DE 69623574 D1	17-10-2002
			DE 69623574 T2	09-01-2003
			EP 0775805 A2	28-05-1997
			JP 9151705 A	10-06-1997
US 6164656	A	26-12-2000	NONE	
US 5833244	A	10-11-1998	GB 2307520 A	28-05-1997
US 4379560	A	12-04-1983	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007333

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 F01D11/00 F01D25/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 F01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 425 078 A (ROBBINS DONALD A) 10. Januar 1984 (1984-01-10) Spalte 1, Zeile 15 -Spalte 3, Zeile 51 Abbildungen	1-7
A	US 5 609 469 A (EWING JR JOSEPH H ET AL) 11. März 1997 (1997-03-11) Spalte 3, Zeile 4 -Spalte 4, Zeile 50 Abbildung 1	1-7
A	US 6 164 656 A (FROST WILSON) 26. Dezember 2000 (2000-12-26) Spalte 2, Zeile 43 -Spalte 3, Zeile 45 Abbildungen	1-7
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. September 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17/09/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Teissier, D

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/007333

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 833 244 A (CASH ALAN ET AL) 10. November 1998 (1998-11-10) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1-7
A	US 4 379 560 A (BAKKEN GORDON J) 12. April 1983 (1983-04-12) Abbildungen -----	1-7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007333

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4425078	A	10-01-1984	CA 1154687 A1	04-10-1983
			DE 3126359 A1	15-07-1982
			FR 2487005 A1	22-01-1982
			GB 2080439 A , B	03-02-1982
			JP 1606343 C	31-05-1991
			JP 2028684 B	26-06-1990
			JP 57041406 A	08-03-1982
US 5609469	A	11-03-1997	DE 69623574 D1	17-10-2002
			DE 69623574 T2	09-01-2003
			EP 0775805 A2	28-05-1997
			JP 9151705 A	10-06-1997
US 6164656	A	26-12-2000	KEINE	
US 5833244	A	10-11-1998	GB 2307520 A	28-05-1997
US 4379560	A	12-04-1983	KEINE	